

Anatomía del aparato vestibular

Vestibular anatomy

Anatomia do aparelho vestibular

Dr. Fernando Arruñada

Resumen

La anatomía vestibular representa el primer paso fundamental en la comprensión de la fisiología y la patología vestibular.

El tamaño y la compleja conformación tridimensional hacen más difícil dicha comprensión.

Si bien la anatomía no cambia, los nuevos avances en la tecnología por imágenes, como en los nuevos métodos de diagnóstico y tratamiento, hace que cambie la forma de interpretar y de ver la patología, por ello es necesario el conocimiento más detallado de la anatomía, que espero lograr ayudado por la mostración de imágenes obtenidas mediante la disección cadavérica.

Palabras clave: Anatomía, oído interno, vestíbulo, laberinto vestibular, conductos semicirculares, sáculo, utrículo

Abstract

The Vestibular anatomy represents the first fundamental step to understand the physiology and the vestibular pathology. The size and the complex tridimensional conformation of the inner ear, make it even more complex to understand as a whole concept. Although anatomy does not change, the new technological advances in imaging technology, as well as in diagnostic and therapeutic methods, make it different to analyze and see the inner ear, and for diagnostic purposes it needs an advanced knowledge of the anatomic details. I hope to help with this complete understanding of the inner ear, with images obtained from different cadaveric dissections.

Key words: Anatomy, inner ear, vestibule, vestibular labyrinth, semicircular ducts, saccule, utricle

Resumo

A anatomia vestibular representa o primeiro passo fundamental na compreensão da fisiologia e da patología vestibular.

O tamanho e a complexa formação tridimensional dificultam essa compreensão.

Se bem a anatomia não se modifica, os novos avanços em tecnologia por imagens, como nos novos métodos de diagnóstico e tratamento, fazem com que a forma de interpretar e ver a patología seja diferente. Por isso, é necessário um conhecimento mais detalhado da anatomia, para o qual espero ter contribuído ao mostrar imagens obtidas mediante a dissecação cadavérica

Palavras-chaves: Anatomia, ouvido interno, vestíbulo, labirinto vestibular, canais semicirculares, sáculo, utrículo

Introducción

El aparato vestibular es uno de los centros de información sobre el estado de equilibrio del cuerpo.

Existe un equilibrio estático donde actúa solo la fuerza de la gravedad, un equilibrio cinético generado por fuerzas pasivas, como en el desplazamiento de un automóvil, y un equilibrio dinámico generado por el desplazamiento de parte o de todo nuestro cuerpo.

El equilibrio se logra gracias a la información recibida desde el aparato vestibular (las manchas acústicas del utrículo y sáculo, y las crestas acústicas de los conductos semicirculares), receptores táctiles de la planta de los pies, los propioceptores cervicales, del aparato visual, la corteza motora, el sistema cerebeloso para la coordinación muscular o diadocosinesia y los centros diencefálicos.

Toda esta información es regulada y distribuida por los núcleos vestibulares, para mediante arcos reflejos automáticos, estabilizar el campo visual, a través de los reflejos vestibulos oculares, mantener el tono de los músculos extensores sobre los flexores por reflejos vestibuloespinales, coordinar y orientar la posición de la cabeza según el eje gravitacional, merced a los reflejos vestibulocervicales (1).

El fin último del sistema vestibular es mantener la bipedestación del individuo.

*Médico Orl- *Jefe de Trabajos prácticos de la 2ª cátedra de anatomía de la U.B.A- *Miembro titular de la Asociación Argentina de Anatomía

Si bien esto se produce gracias a arcos reflejos, en determinadas situaciones particulares interviene la corteza cerebral, haciendo entonces conciente la actividad postural.

El aparato vestibular esta ubicado en la porción petrosa del peñasco, recordemos que el peñasco esta formado además por la porción escamosa, que forma el techo del conducto auditivo externo, techo de la caja timpánica, la pared lateral del cráneo y el piso de la fosa cerebral media, y el timpanal que forma el piso, y parte de la pared anterior y posterior del conducto auditivo externo.

El oído interno se compone de un laberinto óseo y un laberinto membranoso.

A su vez el laberinto se divide en un laberinto anterior formado por la cóclea y un laberinto posterior, formado en el hueso, por la cavidad vestibular y los conductos semicirculares.

Vestíbulo óseo.

En el preparado que vemos, imagen 1 y 2, la cavidad vestibular tiene una forma trapezoidal con 6 paredes, designadas como anterior, posterior, externa, interna, superior e inferior o piso.

Sobre la **pared superior** desembocan los dos extremos del conducto semicircular superior y la cruz comunis, y sobre **la posterior** el extremo ampollar del conducto semicircular posterior, que vemos en la tomografía en la unión de la pared posterior, externa e inferior **imagen (1)**.

En la pared **inferior** encontramos el inicio de la lámina espiral, la hendidura vestíbulo timpánica que comunica el vestíbulo con la rampa timpánica en el laberinto óseo, ya

que en el tejido fresco el conducto coclear cierra dicha hendidura. **Imagen (1, 2, 4)**.

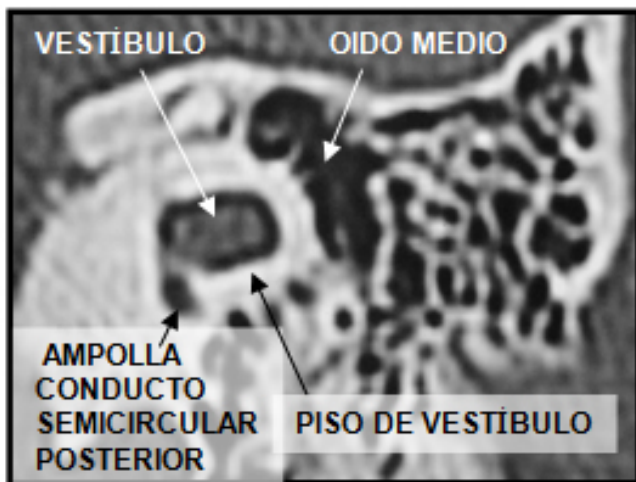


IMAGEN: 1. TOMOGRAFÍA CORTE CORO-NAL. PISO DE LA CAVIDAD VESTIBULAR

Sobre la pared **anterior** por encima de la lamina espiral el orificio de entrada del conducto coclear. **Imagen (2)**.

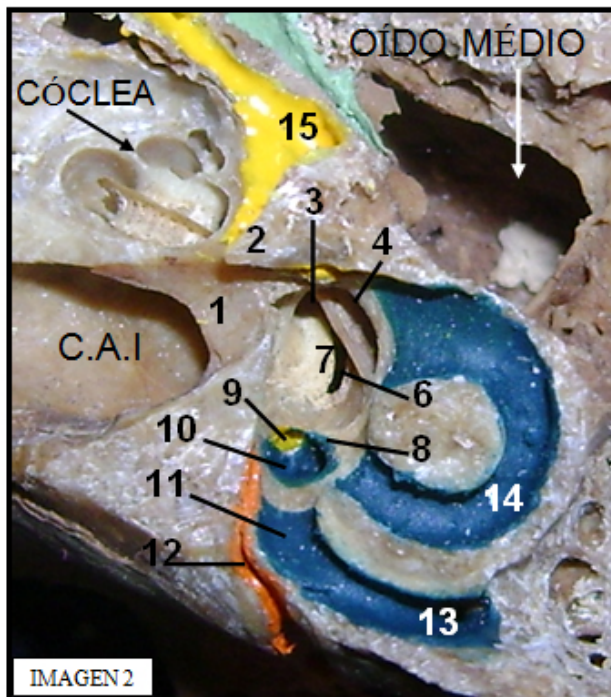


IMAGEN 2

IMÁGEN: 2 Y 3. VISTA SUPERIOR LAVERINTO ÓSEO DERECHO 1) LÁMINA FALCIFORME. 2) CRESTA DE BILL. 3) ORIFICIO DE ENTRADA DEL CONDUCTO COCLEAR. 4) VENTANA OVAL DESDE LA CAVIDAD VESTIBULAR. 5) EXTREMO AMPOLLAR DEL CONDUCTO SEMICIRCULAR EXTERNO. 6) HENDIDURA VESTÍBULO TIMPÁNICA. 7) LÁMINA ESPIRAL NACIENDO ENLA CAVIDAD VESTIBULAR. 8) CRESTA VESTIBULAR. 9) NERVI AMPULAR POSTERIOR. 10) AMPOLLA DEL CONDUCTO SEMICIRCULAR POSTERIOR. 11) CRUZ COMUNIS.12) CONDUCTO ENDOLINFATICO. 13) CONDUCTO SEMICIRCULAR POSTERIOR. 14) CONDUCTO SEMICIRCULAR EXTERNO. 15) CODO DEL ACUEDUCTO DE FALOPIO.

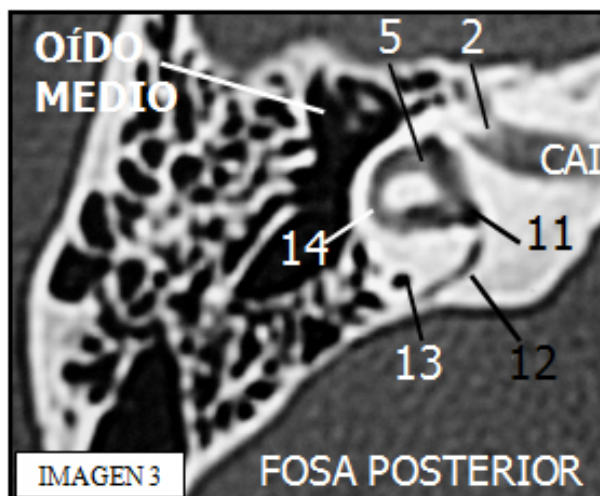


IMAGEN 3

FOSA POSTERIOR

La **pared externa** en cambio esta ocupada por la ventana oval y los dos extremos del conducto semicircular externo o lateral. **Imagen (2)**.

La **pared interna** es la más compleja de todas, y sobre ella, en el vestíbulo óseo, podemos observar la fosa hemisférica lugar donde se apoya y ancla el sáculo, la fosa semiovoidea donde se apoya y ancla el utrículo; ambas fosas están separadas por una cresta denominada, cresta vestibular. **Imagen (2)**

Tanto la fosa hemisférica como semiovoidea están acribilladas por orificios por donde pasan los nervio utriculares y saculares.

Hacia el extremo posterior de la cresta vestibular desemboca el acueducto del vestíbulo que luego de emerger de la pared interna del vestíbulo cruza por delante de la desembocadura de la cruz comunis, para ubicarse paralelo al conducto semicircular posterior, entre este y la pared posterointerna del peñasco, y desemboca en la propia pared posterior del peñasco, en la fosita ungeal **imagen (5)**. Mediante tomografía computada, en cortes axiales el conducto endolinfatico no puede superar en diámetro al conducto semicircular posterior, para diferenciarlo de un conducto ensanchado patológico. **Imagen (2, 3 y 5)**.

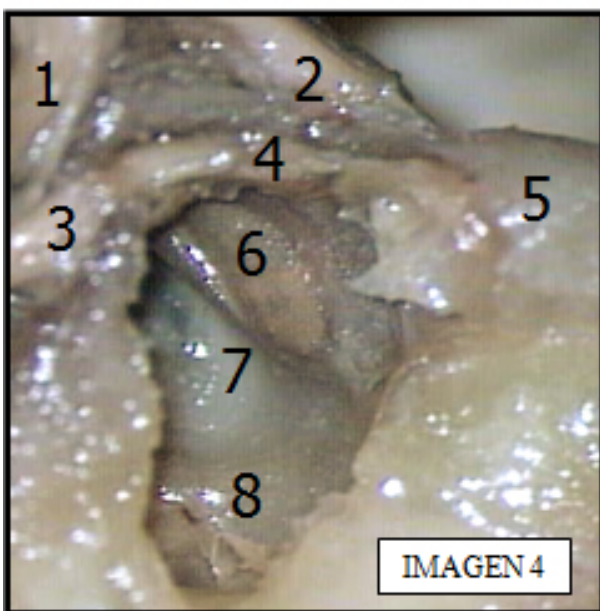


IMAGEN: 4 1) NERVIOS FACIALES PORCION VESTIBULAR. 2) NERVIOS FACIALES, PORCION TIMPANICA. 3) NERVIOS VESTIBULARES SUPERIORES. 4) NERVIOS AMPULARES EXTERNOS. 5) AMPOLLA DEL CONDUCTO SEMICIRCULAR EXTERNO. 6) VENTANA OVAL VISTA DESDE LA CAVIDAD VESTIBULAR. 7) FONDO DE SACO DE LA COLEA CERRANDO LA HENDIDURA VESTIBULOTIMPANICA. 8) CRESTA VESTIBULAR

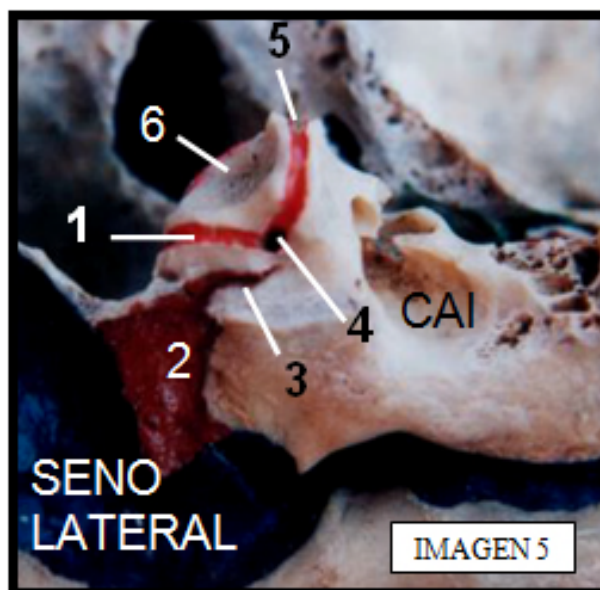


IMAGEN: 5. 1) CONDUCTO SEMICIRCULAR POSTERIOR. 2) FOSA UNGEAL. 3) CONDUCTO ENDOLINFATICO. 4) CRUZ COMUNIS. 5) CONDUCTO SEMICIRCULAR SUPERIOR. 6) CONDUCTO SEMICIRCULAR EXTERNO.

El conducto endolinfatico, alojado en el acueducto vestibular, tiene una longitud aproximada de 3,5mm y un diámetro de 0,05mm (2).

El utrículo y el sáculo emiten los conductos utricular y sacular que se unen para formar el conducto endolinfatico.

El conducto utricular nace de la cara interna del utrículo, mientras el conducto sacular de la cara posterior del sáculo.

El conducto utricular desemboca en el utrículo, por medio de una hendidura, separado por una lengüeta que forma la válvula utriculoendolinfatica de Bast (3).

Esta válvula sirve para preservar la homeostasis del utrículo y los conductos, al permitir la evacuación regular de endolinfa, evitando la distensión de las estructuras. La válvula se abre de forma pasiva por distensión del borde externo.

El saco endolinfatico, tiene un diámetro de 1 a 2cm y un grosor de 0,5 a 2mm y es la dilatación terminal del conducto endolinfatico.

Se ubica en un desdoblamiento de la duramadre, rodeado de tejido conjuntivo vascularizado, con propósito de transporte y secreción.

Además se demuestra la presencia de citoquinas y vimentina con actividad de reabsorción y secreción.

Mantiene la equipresión entre la endolinfa y la perilinfa.

Permite la reabsorción de endolinfa, por flujo de tipo longitudinal desde la cóclea hacia el saco.

Facilita la secreción de macromoléculas por las paredes del saco para mantener entre otros el saco expandido.

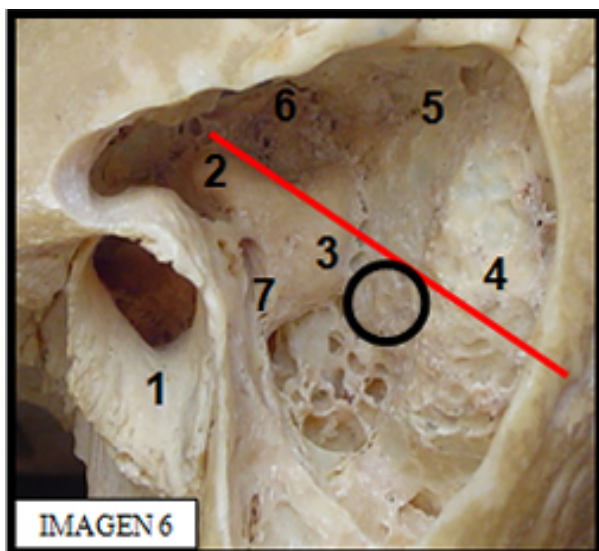


IMAGEN: 6 1) CONDUCTO AUDITIVO EXTERNO. 2) CONDUCTO SEMICIRCULAR EXTERNO. 3) CONDUCTO SEMICIRCULAR POSTERIOR. 4) SENO LATERAL. 5) ÁNGULO SINODURAL. 6) CONDUCTO SEMICIRCULAR SUPERIOR. 7) CANAL, 3° PORCION DEL FACIAL.

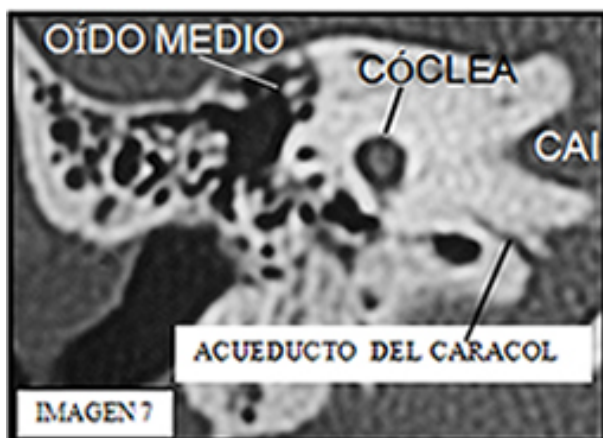


IMAGEN: 7

Tiene función de inmuno protección, ya que produciría anticuerpos, y la deficiencia de ellos sería una de las causas de hydrops ya que se han detectado autoanticuerpos en la enfermedad de Meniere.

Por ultimo, tendría una actividad endocrina.

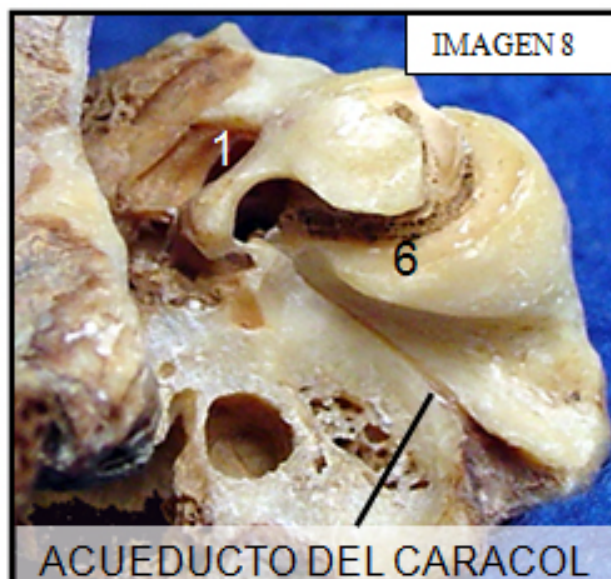
Se puede acceder a través de una mastoidectomía (4), como lo muestra la imagen, al saco endolinfático, tomando como puntos de referencia, a los conducto semicircular horizontal y posterior **imagen (6)**.

El saco se ubica entre el conducto semicircular posterior y el seno lateral, por debajo de una línea imaginaria que pase por el plano del conducto semicircular horizontal.

La ubicación está sujeta a diferentes variaciones, la primera de ellas respecto al ángulo de sinodural, comprendido entre el tectum antri y la pared postero interna de la mastoides.

Otro de los acueductos, del caracol **imagen (7, 8 y 9)**, a diferencia del anterior, esta encargado del drenaje de la perilinfa, acueducto que según algunos autores se oblitera en la adolescencia.

Este acueducto nace en la rampa timpánica, a unos escasos 3 a 4mm por dentro de la cresta timpánica, y de la membrana de la ventana redonda y desemboca, en la fosita petrosa, en el borde posterior del peñasco, por debajo del conducto auditivo interno en la base del cráneo.



ACUEDUCTO DEL CARACOL

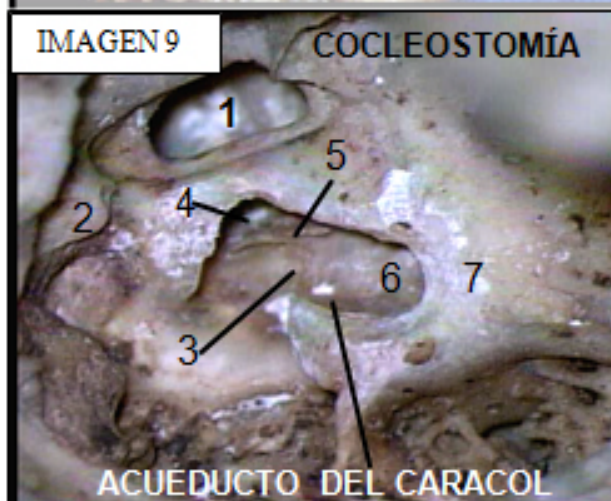


IMAGEN 9 **COCLEOSTOMÍA**

ACUEDUCTO DEL CARACOL

IMÁGEN: 8 Y 9. ACUEDUCTO DEL CARACOL. 1) VENTANA OVAL. 2) PIRAMIDE. 3) CRESTA TÍMPANICA. 4) RAMPA VESTIBULAR. 5) LÁMINA ESPIRAL. 6) RAMPA TÍMPANICA. 7) PROMONTORIO.

El acueducto lleva una vena y el conducto, que prolonga el espacio perilinfático (5).

Este transmitiría los cambios de presión del LCR a la perilinfa y se cree además que posee función linfática.

En una tomografía computada se puede ver al acueducto desembocando por debajo del conducto auditivo interno. **Imagen (7).**

Las bolsas del utrículo y el sáculo (**imagen 11, 12 y 13**) alojadas en el vestíbulo, están interconectadas por las ramas del conducto endolinfático, y a su vez el sáculo se une al conducto coclear por el conducto de Hensen (6).

El sáculo de menor tamaño se sitúa en la región anteroinferior del vestíbulo siendo más accesible a través de la ventana oval. La distancia de la platina del estribo al sáculo es de 1,4mm en promedio con un valor mínimo de 0,8mm.

El utrículo se localiza en la zona posterosuperior del vestíbulo, también es abordable desde la ventana oval y la distancia entre la platina del estribo tiene un valor medio de 1,4mm con una distancia mínima de 0,2mm.

Tanto el sáculo como el utrículo están anclados por su pared interna a las manchas acústicas, y a través de tractos de tejido conjuntivo vascular al periostio interno de la pared del vestíbulo (7).

El epitelio que conforma las bolsas del utrículo y del sáculo se diferencia para constituir las manchas acústicas, receptores del equilibrio estático como dinámico en aceleraciones lineales.

Cada mancha acústica se compone de una membrana basal, sobre la que se apoyan células cúbicas y células de sostén, con núcleos basales, y sobre ellas las células ciliadas. Existen dos tipos de células ciliadas, las tipo 1 o en garrafa que esta envuelta en

su base hasta el cuello por un cáliz neural y las tipo 2 que se diferencian de las anteriores por ser filogenéticamente más nuevas y por su tamaño.

Las células tipo 2 además presentan terminaciones aferente y eferente que terminan sobre la célula en el tercio inferior. A diferencia de la conexión eferente de la célula tipo 1 que termina sobre la aferencia (8).

Cubriendo a los cilios una capa gelatinosa, la membrana estatolítica y sobre ella los otolitos u otoconias.

Existen dos tipos de cilios, los esterocilios y los kinocilios.

Los kinocilios son los cilios más largos que se ubican en la zona de la superficie apical de la célula desprovista de plano cuticular. Los kinocilios del utrículo se ubican del lado de la célula que mira hacia la striola de Werner mientras en el sáculo es a la inversa.

Los esterocilios se insertan sobre el plano cuticular, entre 50 y 100 por célula. Tienen alturas escalonadas, el más alto se encuentra cerca del kinocilio (9).

En la célula tipo 1 existen 70 esterocilios lo que indica una acción de respuesta más rápida y en la tipo 2, 50 esterocilios o sea de respuesta más lenta. Existen conexiones y filamentos que unen entre sí a los esterocilios, esto les permite moverse al unísono. Funcionalmente cuando los esterocilios se inclinan hacia los kinocilios la célula se despolariza y cuando se inclinan alejándose del kinocilio se repolariza.

Ambas manchas del utrículo y el sáculo se ubican de forma perpendicular con un ángulo de 90° una respecto de la otra. La mancha del utrículo es paralela al conducto semicircular externo y la mancha sacular en cambio es paralela al conducto semicircular superior (10). Las manchas acústicas, a diferencia de las crestas acústicas de los conductos semicirculares, responden a aceleraciones lineales.

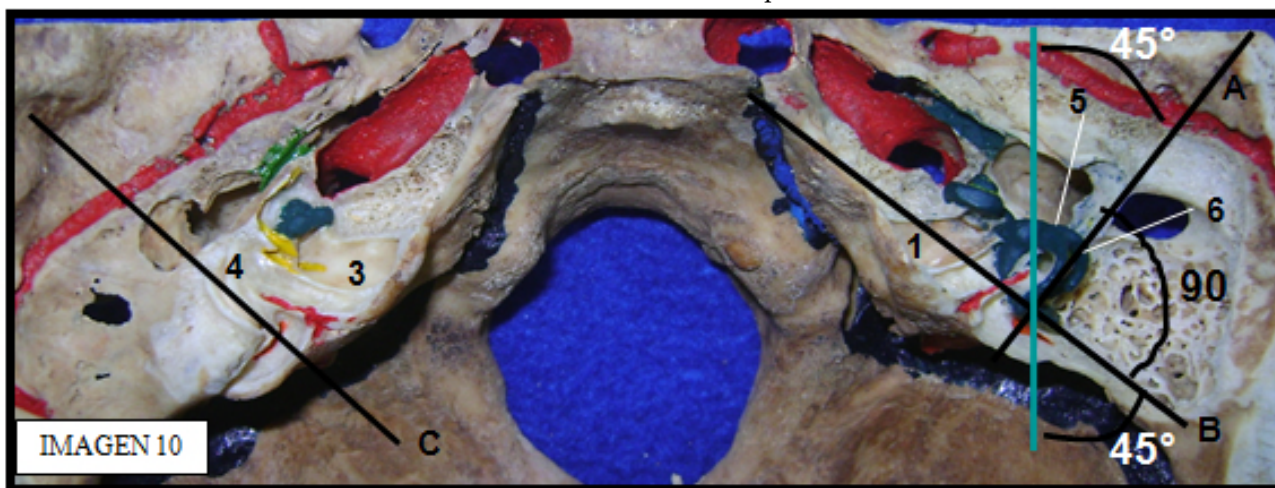


IMAGEN. 10. VISTA SUPERIOR DE LA FOSA POSTERIOR Y AMBOS PEÑASCOS 1) CONDUCTO AUDITIVO INTERNO DERECHO. 2) CONDUCTO AUDITIVO EXTERNO DERECHO. 3) CONDUCTO AUDITIVO INTERNO IZQUIERDO. 4) CONDUCTO SEMICIRCULAR SUPERIOR IZQUIERDO. 5) CONDUCTO SEMICIRCULAR SUPERIOR DERECHO. 6) CONDUCTO SEMICIRCULAR EXTERNO DERECHO. A) PLANO DE DISPOSICION DEL CANAL SEMICIRCULAR SUPERIOR DERECHO. B) PLANO DE DISPOSICION DEL CANAL SEMICIRCULAR POSTERIOR DERECHO. C) PLANO DE DISPOSICION DEL CANAL SUPERIOR IZQUIERDO

Conductos semicirculares óseos. Imagen (2, 3, 5 y 6)

Los conductos semicirculares en número de tres, informan aceleraciones angulares.

El **conducto semicircular externo** es el más corto de los 3 con una longitud de 12 a 15mm, siendo por el contrario el más ancho.

El **conducto semicircular superior** se encuentra a 8 o 10mm del antro mastoideo; y la pared superior de la ampolla del conducto semicircular externo es contiguo a la pared posterior de la ampolla del conducto semicircular superior imagen (11).

El bucle del conducto semicircular superior esta siempre en relación con la cortical de la fosa cerebral media, y genera sobre ella la eminencia arqueada.

La longitud del conducto semicircular superior es de 15 a 17mm.

El **posterior** es el mas largo con 14 a 18mm.

El bucle del conducto semicircular posterior se extiende paralelamente a la pared anterior de la fosa cerebral posterior, o pared posterointerna de la mastoides, separada entre 0,5 y 6,5mm según la neumatización de la mastoides **imagen (2, 3)**. La ampolla del conducto posterior se encuentra en el ángulo formado por las paredes posterior, inferior y externa **imagen (1 y 12)**.

Cada conducto presenta un extremo ampollar y otro no ampollar, aunque el extremo no ampollar del conducto posterior y superior son comunes, esto

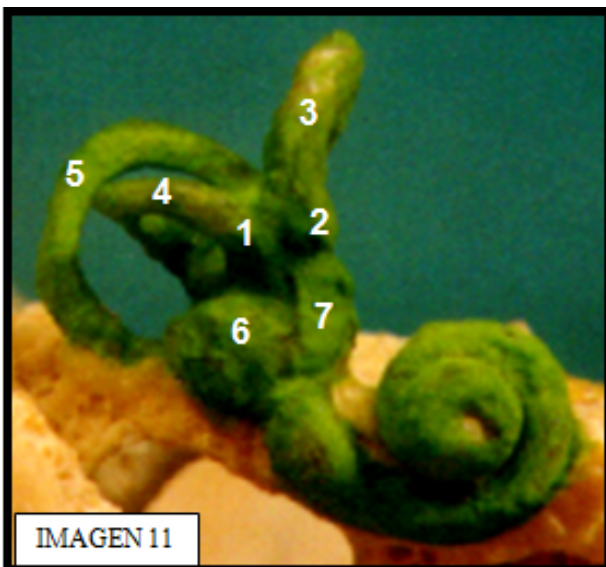


IMAGEN 11
 1) AMPOLLA CONDUCTO SEMICIRCULAR POSTERIOR. 2) AMPOLLA CONDUCTO SEMICIRCULAR SUPERIOR. 3) CONDUCTO SEMICIRCULAR SUPERIOR. 4) CONDUCTO SEMICIRCULAR EXTERNO. 5) CONDUCTO SEMICIRCULAR POSTERIOR. 6) SÁCULO. 7) UTRÍCULO

debido a que embriológicamente ambos conductos se desprenden de un mismo conducto llamado anteroposterior, que posteriormente se despliega, teniendo como pivot a la cruz comunis **imagen (12)**.

La orientación de los canales es de utilidad en la interpretación de la clínica y en el tratamiento de algunas patologías. **Imagen (10)**.

El conducto externo o lateral esta inclinado 30° sobre el plano horizontal o de Frankfurt, con el ángulo abierto hacia adelante, quedando el extremo ampollar en un plano superior al extremo no ampollar (11).



IMAGEN: 12. 1) AMPOLLA CONDUCTO SEMICIRCULAR POSTERIOR. 2) CONDUCTO SEMICIRCULAR POSTERIOR. 3) CRUZ COMUNIS. 4) CONDUCTO SEMICIRCULAR EXTERNO. 5) CONDUCTO SEMICIRCULAR SUPERIOR. 6) UTRÍCULO

El conducto superior o anterior esta orientado de adelante atrás y de afuera adentro formando un ángulo de 45° con el plano sagital abierto hacia adelante, o como me gusta imaginárlo, perpendicular al eje longitudinal del peñasco.

El posterior forma un ángulo de 45° con el plano sagital (12), pero a diferencia del superior, abierto hacia atrás, de manera que funcionalmente, siempre existe una información contrapuesta entre los conductos semicirculares posterior y anterior del mismo vestíbulo, o lo que es lo mismo, siempre existe un par de conductos, uno por cada laberinto, que se encuentra en el mismo plano espacial, independientemente de la posición de la cabeza en el espacio: los dos conductos horizontales o externos, o bien el posterior de un lado con el anterior o superior del otro. En conclusión, funcionan de apares, cuando el canal lateral de un lado se estimula el del lado contra lateral se inhibe, y lo mismo sucede entre los canales superior y posterior (13).

Este acoplamiento es la base del sinergismo funcional bilateral.

El acueducto lleva una vena y el conducto, que prolonga el espacio perilinfático (5).

Este transmitiría los cambios de presión del LCR a la perilinfa y se cree además que posee función linfática.

En una tomografía computada se puede ver al acueducto desembocando por debajo del conducto auditivo interno. **Imagen (7).**

Las bolsas del utrículo y el sáculo (**imagen 11, 12 y 13**) alojadas en el vestíbulo, están interconectadas por las ramas del conducto endolinfático, y a su vez el sáculo se une al conducto coclear por el conducto de Hensen (6).

El sáculo de menor tamaño se sitúa en la región anteroinferior del vestíbulo siendo más accesible a través de la ventana oval. La distancia de la platina del estribo al sáculo es de 1,4mm en promedio con un valor mínimo de 0,8mm.

El utrículo se localiza en la zona posterosuperior del vestíbulo, también es abordable desde la ventana oval y la distancia entre la platina del estribo tiene un valor medio de 1,4mm con una distancia mínima de 0,2mm.

Tanto el sáculo como el utrículo están anclados por su pared interna a las manchas acústicas, y a través de tractos de tejido conjuntivo vascular al periostio interno de la pared del vestíbulo (7).

El epitelio que conforma las bolsas del utrículo y del sáculo se diferencia para constituir las manchas acústicas, receptores del equilibrio estático como dinámico en aceleraciones lineales.

Cada mancha acústica se compone de una membrana basal, sobre la que se apoyan células cúbicas y células de sostén, con núcleos basales, y sobre ellas las células ciliadas. Existen dos tipos de células ciliadas, las tipo 1 o en garrafa que esta envuelta en

su base hasta el cuello por un cáliz neural y las tipo 2 que se diferencian de las anteriores por ser filogenéticamente más nuevas y por su tamaño.

Las células tipo 2 además presentan terminaciones aferente y eferente que terminan sobre la célula en el tercio inferior. A diferencia de la conexión eferente de la célula tipo 1 que termina sobre la aferencia (8).

Cubriendo a los cilios una capa gelatinosa, la membrana estatolítica y sobre ella los otolitos u otoconias.

Existen dos tipos de cilios, los esterocilios y los kinocilios.

Los kinocilios son los cilios más largos que se ubican en la zona de la superficie apical de la célula desprovista de plano cuticular. Los kinocilios del utrículo se ubican del lado de la célula que mira hacia la striola de Werner mientras en el sáculo es a la inversa.

Los esterocilios se insertan sobre el plano cuticular, entre 50 y 100 por célula. Tienen alturas escalonadas, el más alto se encuentra cerca del kinocilio (9).

En la célula tipo 1 existen 70 esterocilios lo que indica una acción de respuesta más rápida y en la tipo 2, 50 esterocilios o sea de respuesta más lenta. Existen conexiones y filamentos que unen entre sí a los esterocilios, esto les permite moverse al unísono. Funcionalmente cuando los esterocilios se inclinan hacia los kinocilios la célula se despolariza y cuando se inclinan alejándose del kinocilio se repolariza.

Ambas manchas del utrículo y el sáculo se ubican de forma perpendicular con un ángulo de 90° una respecto de la otra. La mancha del utrículo es paralela al conducto semicircular externo y la mancha sacular en cambio es paralela al conducto semicircular superior (10). Las manchas acústicas, a diferencia de las crestas acústicas de los conductos semicirculares, responden a aceleraciones lineales.

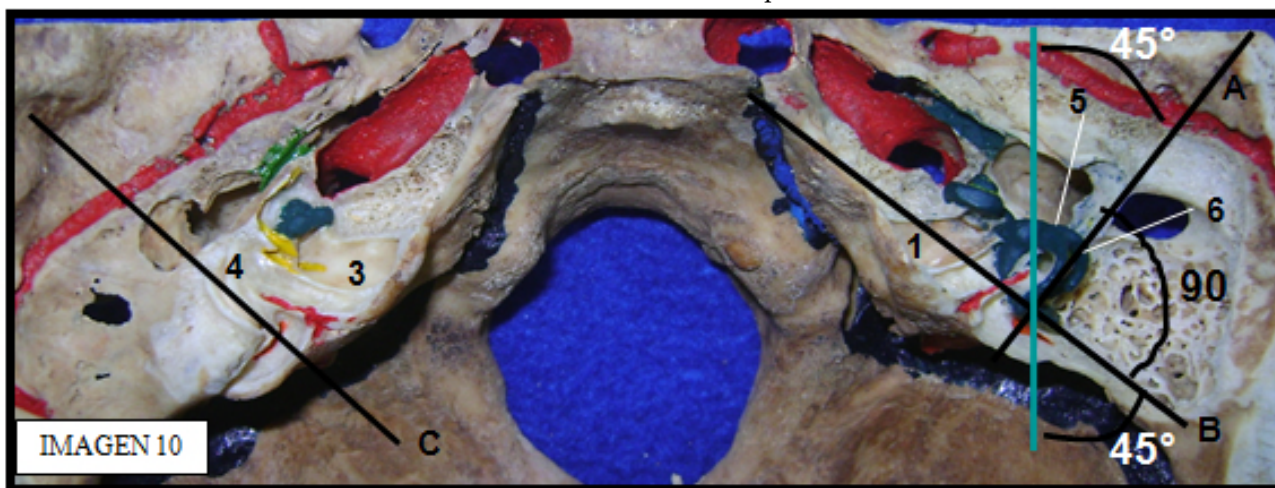
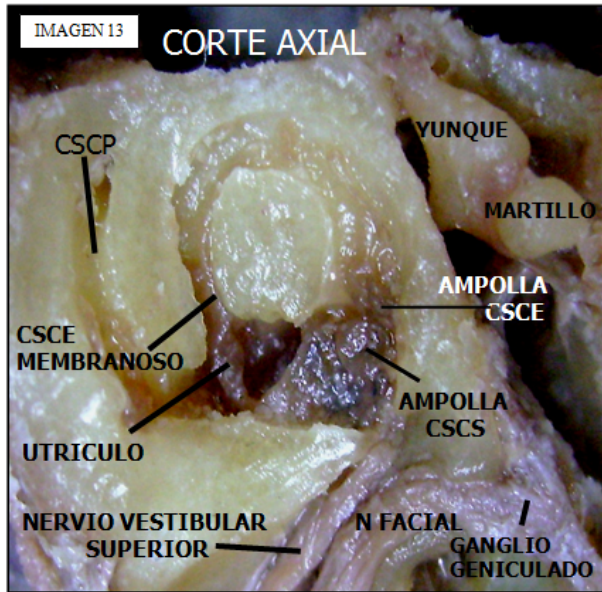


IMAGEN. 10. VISTA SUPERIOR DE LA FOSA POSTERIOR Y AMBOS PEÑASCOS 1) CONDUCTO AUDITIVO INTERNO DERECHO. 2) CONDUCTO AUDITIVO EXTERNO DERECHO. 3) CONDUCTO AUDITIVO INTERNO IZQUIERDO. 4) CONDUCTO SEMICIRCULAR SUPERIOR IZQUIERDO. 5) CONDUCTO SEMICIRCULAR SUPERIOR DERECHO. 6) CONDUCTO SEMICIRCULAR EXTERNO DERECHO. A) PLANO DE DISPOSICION DEL CANAL SEMICIRCULAR SUPERIOR DERECHO. B) PLANO DE DISPOSICION DEL CANAL SEMICIRCULAR POSTERIOR DERECHO. C) PLANO DE DISPOSICION DEL CANAL SUPERIOR IZQUIERDO

Conductos semicirculares membranosos. Imagen (11, 12 y 13)

Los conductos semicirculares membranosos ocupan ¼ parte de los conductos óseos imagen (13), se ubican en una situación centrífuga a los óseos y están unidos también por tractos de tejido conjuntivo al periostio interno.



IMÁGEN: 13.

Cada conducto semicircular forma un continuo conducto con el utrículo y una unidad funcional, de manera que una aceleración de la cabeza en el plano de un conducto, genera que la endolinfa por la inercia tienda a quedarse quieta y realizar un desplazamiento de inercia opuesto, mientras la cúpula es inclinada en sentido opuesto al giro. Esto desencadena un movimiento lento de los ojos que va en sentido de la endolinfa, contrario a la cabeza.

Esto fue observado por Ewald y a consecuencia formulo leyes, donde la primera de ellas dice que (14):

1° ley: el componente lento del movimiento de los ojos o nistagmus, es una respuesta vestibular y el componente rápido de compensación.

Cuando cesa la aceleración, la cúpula vuelve a su posición de reposo, sin sobrepasarse, de acuerdo a su elasticidad, al calibre del conducto y la viscosidad de la endolinfa. Cuando la cúpula se moviliza, arrastra a los cilios y estos se inclinan en dirección al kinocilio o en dirección opuesta.

Los extremos ampollares de los conductos semicirculares están tabicados por la cresta vestibular, ubicada perpendicular al eje del canal.

Las crestas se componen de una **membrana basal** sobre la que se apoyan algunas células ciliadas. Un epitelio transicional, cuyas células tienen menor altura y menor cantidad de microvellosidades. Un

plano **semilunatum** con células muy parecidas a las del epitelio transicional, que generan el material necesario para la matriz de la cúpula. **Células oscuras** ubicadas lateralmente a las células transicionales con gran poder de transporte de agua y de iones, todas ellas, células de sostén.

Las células ciliadas tipo 1 predominan en la zona central de la cresta y las tipo 2 en la periferia.

Sobre la célula ciliada se ubica una sustancia gelatinosa conocida como cúpula la cual llega casi a contactar con el extremo opuesto de la ampolla, dejando solo una abertura que no permite el pasaje de la endolinfa, por lo que los movimientos de ella desplazan la cúpula hacia uno u otro lado.

Según algunos autores la cúpula atraviesa por completo a la ampolla y cierra el canal herméticamente.

Los kinocilios del conducto externo o lateral, se encuentran próximos al utrículo, y en los verticales (conducto superior y posterior), se encuentra alejado o de la cara opuesta al utrículo. Este hecho constituyo la formulacion de la 2° ley de Ewald.

2° Ley: la corriente ampulipeta (en sentido al utrículo) en los horizontales, es más excitante que en la corriente ampulifuga. En los verticales sucede a la inversa.

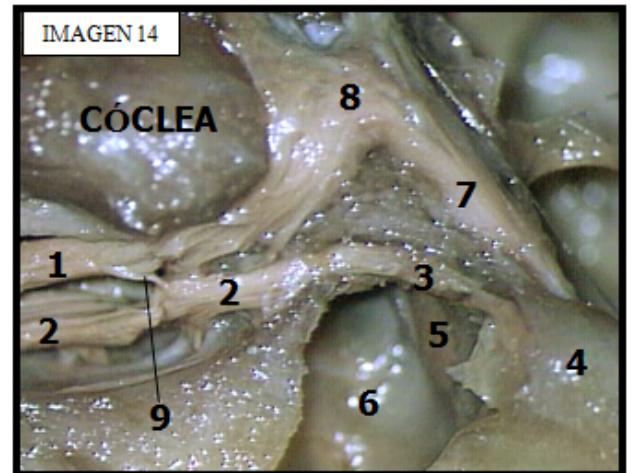


IMAGEN: 14. VISTA SUPERIOR. 1) NERVIO FACIAL DENTRO DEL CAI. 2) NERVIO VESTIBULAR SUPERIOR. 3) NERVIO AMPULAR EXTERNO. 4) AMPOLLA DEL CANAL SEMICIRCULAR EXTERNO. 5) PLATINA DEL ESTRIBO VISTA DESDE LA CAVIDAD VESTIBULAR. 6) CAVIDAD VESTIBULAR. 7) NERVIO FACIAL 2° PORCION. 8) GANGLIO GENICULADO. 9) FIBRAS VESTIBULO FACIALES O DE RASSMUSEN.

Conducto auditivo interno.

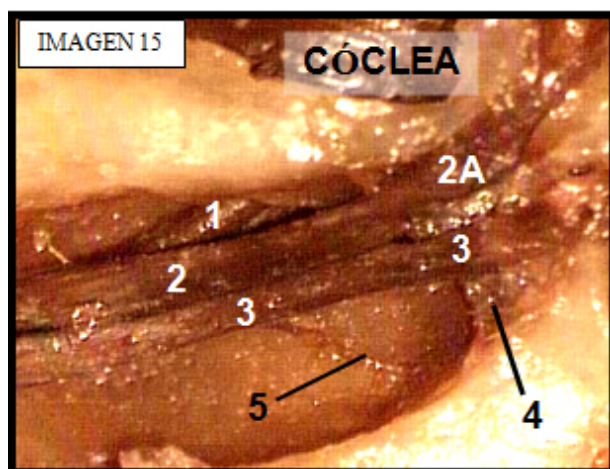
El conducto auditivo interno tiene un diámetro medio vertical de 2 a 7mm con un valor medio de 4,6mm mientras que el diámetro horizontal es de 3 a 7mm con un valor medio de 4,5mm (15).

Su longitud es variable de acuerdo con la pared que se tomen las medidas: la pared anterior tiene una longitud de 9 a 19mm, la pared posterior de 6 a 14mm, la pared superior de 8 a 17mm y la inferior de 8 a 16mm.

El fondo del conducto auditivo interno se divide en 4 cuadrantes. La lámina falciforme divide al conducto en una mitad superior y otra inferior, y la cresta vertical de Bill divide a la mitad superior en un cuadrante anterosuperior y otro posterior superior. **Imagen (2, 3 y 10)**. De manera que por el cuadrante posterosuperior transcurre el nervio vestibular superior, por el anterosuperior el facial e intermediario, por el posteroinferior el vestibular inferior, y por el anteroinferior el coclear **imagen (14 y 15)**.

En el conducto auditivo interno tenemos al nervio vestibular superior con fibras del sáculo, del conducto semicircular superior y externo **imagen 13 y 14**, y el inferior con fibras del utrículo.

En el fundus son 6 las ramas nerviosas que atraviesan el hueso temporal, nos falta mencionar el nervio ampular posterior que ingresa solo por el conducto de Morgagni en la pared posterior del conducto auditivo interno. **Imagen (15)**.



IMÁGEN:15. VISTA SUPERIOR DEL CONDUCTO AUDITIVO INTERNO. 1) NERVI COCLEAR. 2) NERVI FACIAL EN EL CAI. 2A) NERVI FACIAL EN LA 1° PORCIÓN O VESTIBULAR. 3) NERVI VESTIBULAR SUPERIOR. 4) LAMINA FALCI-FORME. 5) NERVI AMPULAR POSTERIOR.

Entre el fundus y el poro los nervios vestibulares superior e inferior se fusionan y los nervios coclear y vestibular (16) rotan 90°, por ello el nervio coclear que es anterior al vestibular inferior, se coloca a nivel del poro en la cara posterior e inferior del vestibular fusionados y así abandona el conducto auditivo interno.

El facial cerca del poro se sitúa anterior al vestibular superior y adquiere una posición inferior y posterior a nivel del tronco. Entonces pasa de una situación anterosuperior a una posición posteroinferior.

En el conducto auditivo interno el nervio vestibular superior esta unido al nervio facial por fibras vestibulofaciales de Rasmussen. **Imagen (14)**.

Irrigación arterial del laberinto membranoso.

La arteria auditiva interna es rama de la arteria cerebelosa anteroinferior aunque en algunos casos parte del tronco basilar.

La arteria cerebelosa anteroinferior al momento de generar la auditiva interna, hace un bucle dentro del conducto auditivo interno en un 70% de los casos aproximadamente, de manera que ingresa al conducto y luego de un corto recorrido dentro de él, vuelve a salir. La arteria auditiva nace en el extremo del bucle (18).

Este bucle se aloja entre los nervios cocleovestibular y facial, dando en contados casos espasmos musculares a nivel facial por compresión vascular.

La arteria auditiva interna en el fondo del conducto auditivo interno se divide en dos ramas: la arteria coclear común y la arteria vestibular anterior.

La arteria coclear común entra en la columela y se divide en arteria coclear principal y arteria cocleovestibular. La cocleovestibular se ramifica en arteria vestibular posterior y en ramos cocleares (17).

La coclear principal irriga $\frac{3}{4}$ partes de la cóclea incluido el modiolo.

Los ramos cocleares irrigan al $\frac{1}{4}$ basal de la cóclea y al modiolo adyacente.

La vestibular anterior irriga a la macula del utrículo y una pequeña parte a la macula del sáculo y también a la cresta ampular de los conductos semicirculares superior y horizontal, y la cara superior de las bolsas del utrículo y sáculo.

La vestibular posterior irriga a la macula del sáculo, como a la cara inferior de ambas bolsas del utrículo y sáculo y a la cresta y conducto semicircular posterior.

Todas las ramas son terminales por ello la interrupción del flujo causa un rápido deterioro de las estructuras.

Bibliografía

- 1) L. M. GIL-CARCEDO. L. A. VALLEJO. E. GIL CARCEDO. *OTOLOGIA. 2° EDICION. BUENOS AIRES; MADRID. EDITORIAL PANAMERICANA, 2004.*
- 2) MARIO SANNA . ESSAM SALEH. ALEJANDRA RUSSO. ABDEL TAIBAH. *ATLAS OF TEMPORAL BONE AND LATERAL SKULL BASE SURGERY. GEORG THIME VERLAG. STUTTGART NEW YORK 1995.*
- 3) Barry J Anson and James a Donaldson. *Surgical Anatomy of the Temporal Bone and Ear. 2° edicion. W. B. Saunders Company. Phyladelphia. London. Toronto. 1973.*
- 4) Ugo Fisch. John May. *Timpanoplastia, Mastoidectomía, y cirugía del estribo. George Thieme Verlag. Stuttgart. New York. 1994.*
- 5) GEORGE. E SHAMBAUGH, JR. MICHEL E. GLASSCOK, III. *SURGERY OF THE EAR. 3° EDICION. W.B. SAUDERS COMPANY. 1980*
- 6) DR. VICENTE DIAMANTE. *OTORRINOLARINGOLOGIA Y AFECCIONES CONEXAS. 3° EDICION, BUENOS AIRES. EDITORIAL ELATENEO, 2004.*
- 7) GRAHAM MD, KARTUSH JM. *SURGICAL ANATOMY OF THE EAR AND TEMPORAL BONE. EN: ALBERTI PW, RUBEN RJ. OTOLOGIC MEDICINE AND SURGERY. VOL 1 NEW YORK. USA: ED CHURCHILL LIVINGSTONE, 1988; 67-68.*
- 8) Sobota J. *"Atlas de anatomía humana" Ed. Panamericana, 20ª edición, 1994.*
- 9) Bosch J. Y Yáñez C. *"Atlas de disección quirúrgica del hueso temporal", Ed. Doyma. Buenos Aires 1989.*
- 10) Diamante V., Sastre R. *"Hueso temporal. Anatomía quirúrgica aplicada a la microcirugía", Buenos Aires, 1998.*
- 11) Bartual Pastor J. y Perez Fernandez N. *"El sistema vestibular y sus alteraciones" Ed. Biblio stm, Barcelona 1999.*
- 12) L. TESTUT, O. JACOB. *TRATADO DE ANATOMIA TOPOGRAFICA. TOMO PRIMERO. EDITORIAL SALVAT. 8° EDICION. 1972*
- 13) H. Gray. *"Anatomía humana", Ed. Salvat, 36ª edición, 1985.*
- 14) H. Rouviere, *"Anatomía humana". Ed. Bailly-Baillere. 3ª edición, 1953.*
- 15) ARRUÑADA, F. J. *ANTOMÍA DEL OÍDO Y SU IMPORTANCIA EN LA CIRUGÍA. REVISTA ARGENTINA DE ANATOMÍA. VOLUMEN 1, NUMERO 3, JULIO-AGOSTO-SEPTIEMBRE 2010.*
- 16) Manrique Rodríguez M. J. *"Guía para la disección del hueso temporal", Ed. Biblio stm, Barcelona, 1998.*
- 17) Moore, K. L. *"Anatomía con orientación clínica ". Ed. Panamericana. 3° edición. 1993.*
- 18) Francisco A Eleta, Osvaldo Velan, José Luis Román, Oscar Blejman, Alejandro J Rasumoff, Horacio Mario Bais, Ricardo García Monaco, Roberto Atilio Secco, Gabriel Ducrey. *Diagnostico por imágenes en medicina de cara y cuello. 2° Edición. 20000*